

Jere Kauppinen

# Valaistuksen integrointi Desigo-järjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

14.3.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Jere Kauppinen Valaistuksen integrointi Desigo-järjestelmään  28 sivua 14.3.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Ryhmäpäällikkö Jukka Niiranen Lehtori Kristian Junno
<p>Tämän työn tarkoituksena oli toteuttaa valaistussaneeraus kustannustehokkuus etusijalla. Kohde on Siemensin asiakkaan kiinteistössä olevissa kylmätiloissa ja pakkasvarastoissa. Valaistus tuli myös liittää kiinteistössä olevaan Siemensin Desigo-järjestelmään. Työllä tavoitellaan asiakkaalle energiatehokkuutta ja kustannussäästöjä sekä kiinteistön käyttöiän ja huoltovälien pidennystä.</p> <p>Valaistus tulee DALI-väylään, ja sitä ohjataan Siemensin Desigo TRA:lla ja se liitetään rakennuksen automaatiojärjestelmään.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käydään läpi työn vaiheita ja tarkastellaan myös vaihtoehtoisia ratkaisuja tämän tyyppiseen valaistussaneeraukseen. Työhön kuuluu valaistuksen suunnittelu, ohjelmointi, käyttöönotto, asiakaskoulutus ja dokumentointi sekä kohteen valvomografiikoiden päivitys. Kohteen asennustyöt suorittaa ulkopuolinen asentaja.</p>	
Avainsanat	Desigo, TRA, DALI

Author Title	Jere Kauppinen Integration of Existing Illumination into the Desigo System
Number of Pages Date	28 pages 14 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation technology
Professional Major	
Instructors	Jukka Niiranen, Group Leader Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to realize cost-efficient lighting modernization. The object is in the cold storage and freezing facilities of a Siemens customer's property. Lighting also needed to be attached into the building's Siemens Desigo system. The aim of the modernization was to provide the customer with energy efficiency and cost savings as well as extend the life of the property and service intervals.</p> <p>The lighting comes into the DALI bus and is controlled by Siemens Desigo TRA. The lighting is also connected to the current building automation system.</p> <p>This thesis examines the steps of the work and also looks at alternative solutions for this type of lighting upgrade. Work included lighting design, programming, deployment, customer training and documentation, and updating of property's monitoring graphics. The installation work was carried out by an external installer.</p> <p>The work fulfilled the goals well, as the customer received inexpensive lighting upgrade. The renovation was used to save energy by using more energy-efficient luminaires and by adjusting the lighting level of the lighting. In addition, the lifecycle costs of building lighting were lower.</p>	
Keywords	Desigo, TRA, DALI

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohde	1
2.1	Kohteen alkutilanne	1
2.2	Kohteen lopputavoite	2
3	Siemens Desigo	4
4	Desigo TRA	5
4.1	Green Leaf	6
4.2	Desigo TRA:n hyödyt	7
5	Työssä käytetyt väyläratkaisut	7
5.1	KNX	7
5.1.1	Yleistä	7
5.1.2	Topologia ja rajoitteet	8
5.1.3	KNX-kommunikaatio	8
5.2	DALI	11
5.2.1	Topologia ja rajoitteet	12
5.2.2	DALI-liitännälaitteet	13
5.2.3	DALI-väylän osoitteistaminen ja dataliikenne	14
6	Työssä käytetyt laitteet	15
6.1	PXC3.E72A-100A	15
6.2	DALI repeater S0	16
7	Kohteen toteutus	17
7.1	Työn toteutus	17
7.1.1	PXC100.D-automaatiosäätimen ohjelmointi	20
7.1.2	Valvomon toteutus	21
7.2	Kohteen käyttöönotto	22
7.3	Haasteet ja ongelmat	23
8	Vaihtoehtoiset toteutustavat	25
8.1	Valaistusryhmät eri väylissä	25

8.2	Valaistuksen ohjaaminen valoisuusanturilla	25
8.3	Valaistuksen ohjaaminen liiketunnistimella	25
8.4	Valaistuksen ohjaaminen liiketunnistimella ja valoisuusanturilla	26
9	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

## Lyhenteet

ABT	Automation Building Tool, ohjelmisto jolla luodaan ja ohjelmoidaan TRA-projektit.
BACnet	Rakennusautomaatiota varten kehitetty tietoliikenneprotokolla.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, Digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä.
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning, lämmitys, vesi ja ilmastointi.
I/O	Input/Output, Tulo/Lähtö.
IEC 60929	AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps - Performance requirements. Standardi joka määrittelee elektronisten liitäntälaitteiden suorituskvyn vaatimukset.
IEC 62386	The international standard for DALI technology. Kansainvälinen standardi DALI-teknologioille.
IP	Internet Protocol, TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla
KNX	Konnex, kansainvälinen hajautettu väyläpohjainen rakennusautomaatiojärjestelmä.
LED	Light Emitting Diode, puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta.
TRA	Total Room Automation, Siemensin kehittämä huoneautomaatiojärjestelmä.
VAK	Valvonta-alakeskus, rakennusautomaatiossa käytettävä alakeskus.

## 1 Johdanto

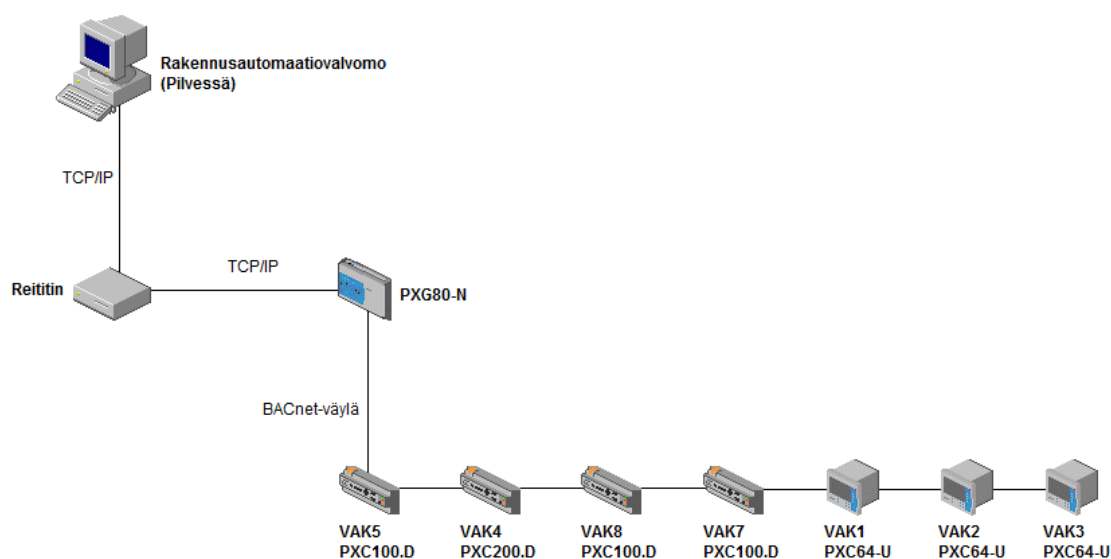
Tekniikan kehittyessä myös valaisinteknologiat ovat kehittyneet ja niiltä vaaditaan nykyään enemmän kuin pelkkä valaisu. Valaistukselta vaaditaan niin energiatehokkuutta kuin mahdollisuutta käyttää sitä erilaisten tunnelmien luomiseen. Nykyajan valaisimilla voidaan toteuttaa erilaisia ratkaisuja tilojen ja kohteiden erilaisiin tarpeisiin nähden.

Tämä työ tehdään työnantajalle Siemens Osakeyhtiölle ryhmäpääällikkö Jukka Niirasen ehdotuksesta. Tässä opinnäytetyössä piti toteuttaa energiatehokkaampi valaistus Siemensin asiakkaan tiloihin. Valaistukselta ei vaadittu paljoakaan ominaisuuksia, mutta ratkaisu piti tehdä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tällaisissa projekteissa yleensäkin haetaan juuri energia- ja kustannustehokkuutta sekä valaistuksen elinkaaren aikana tulevien kustannusten minimoimista.

## 2 Kohde

### 2.1 Kohteen alkutilanne

Kohteessa oli ennestään perinteinen loisteputkivalaistus, joka ei ole yhteydessä rakennusautomaatiojärjestelmään. Alkuperäisessä ratkaisussa valoja ohjattiin KNX-väylän avulla, ja KNX-painonappi säilyy myös uudessakin ratkaisussa. Saneerauksessa vaihdetaan uudet valaisimet ja vedetään uusi kaapeli DALI-väylää (Digital Addressable Lighting Interface) varten. Tämän projektin aikana saneerataan vain osa rakennuksen valaistuksesta. Kohteessa on jo ennestään Siemensin rakennusautomaatiojärjestelmä ja Desigo Insight-valvomo, johon grafiikkakuvat lisätään. Kuvassa 1 on esitettyä rakennusautomaation järjestelmäkaavio ennen saneerausta.



Kuva 1. Järjestelmäkaavio ennen saneerausta.

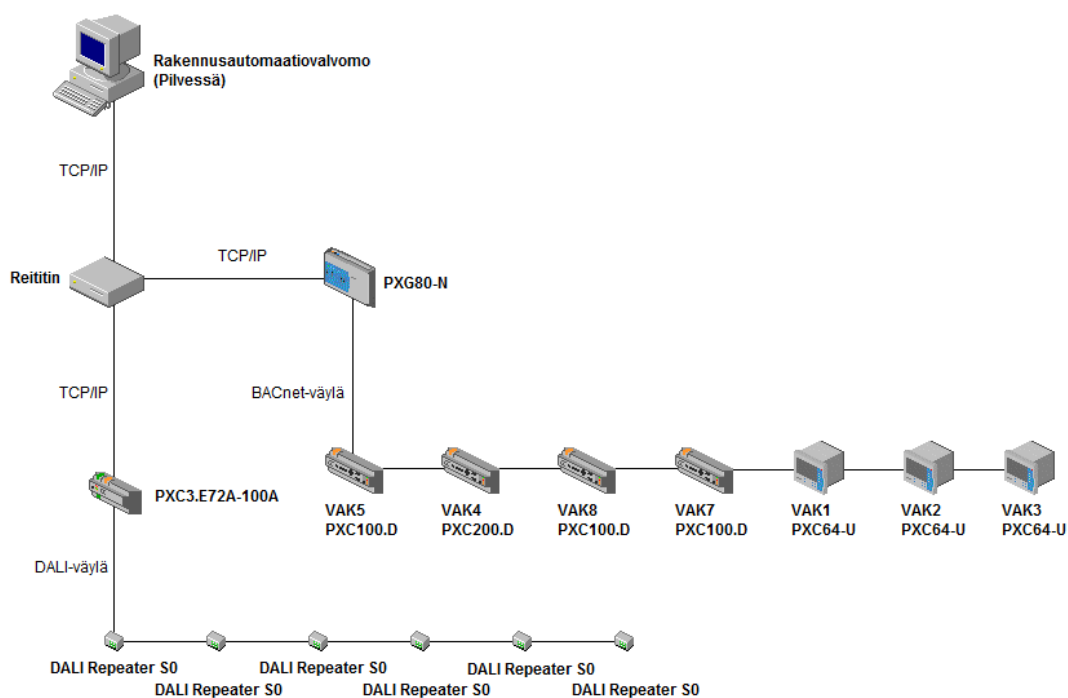
## 2.2 Kohteen lopputavoite

Uusi valaistus toteutetaan kuudella eri valaistusryhmällä, joista jokainen liitetään omaan DALI-toistimeensa. Valaistus kytketään päälle ja pois KNX-painikkeella, jota ei kuitenkaan liitetä rakennusautomaatiojärjestelmään, vaan se katkaisee sähkönsyötön valaisimilta. DALI-väylässä on kuitenkin koko ajan valoisuustason säätöviesti, vaikka valaisimilla ei olisikaan sähkönsyöttöä. Valaisimien valoisuustasoa säädetään valvomosta käsin.

Tällä toteutuksella haetaan kiinteistölle niin rahallisia säästöjä kuin energiatehokkuutta. LED-valaisimilla (Light Emitting Diode) saadaan sama valoisuus, kuin loisteputkilla, mutta pienemmällä energiankulutuksella. Lisäksi valaisimien huoltoväli pitenee LED-valaisimien pidemmän käyttöiän ansiosta. Tässä kyseisessä kohteessa valot ovat päällä koko ajan, jolloin käyttöikä vain korostuu.

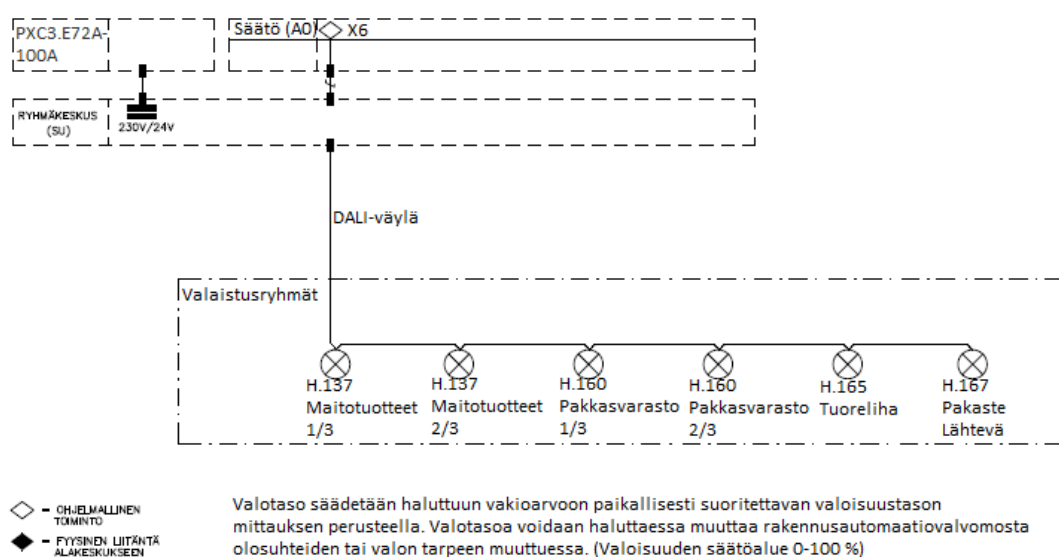
Kuvassa 2 on järjestelmäkaavio saneerauksen jälkeen. Kohteeseen täytyi siis lisätä uusi huoneautomaatiosäädin. Asetusarvo tulee verkon yli VAK5:sta (Valvonta-alakeskus). Välissä on reititin ja BACnet-reititin.





Kuva 2. Rakennusautomaation järjestelmäkaavio saneerauksen jälkeen.

Kuvassa 3 on esitetty valaistuksen säätökaavio, josta käy ilmi valaistusryhmät. Kohteeseen tulee kuusi erillistä valaistusryhmää, jotka kaikki ovat DALI-toistimen perässä. Valaistusryhmiä säädetään prosentuaalisesti valvomosta ja jokaiselle valaistusryhmälle on oma asetusarvonsa.



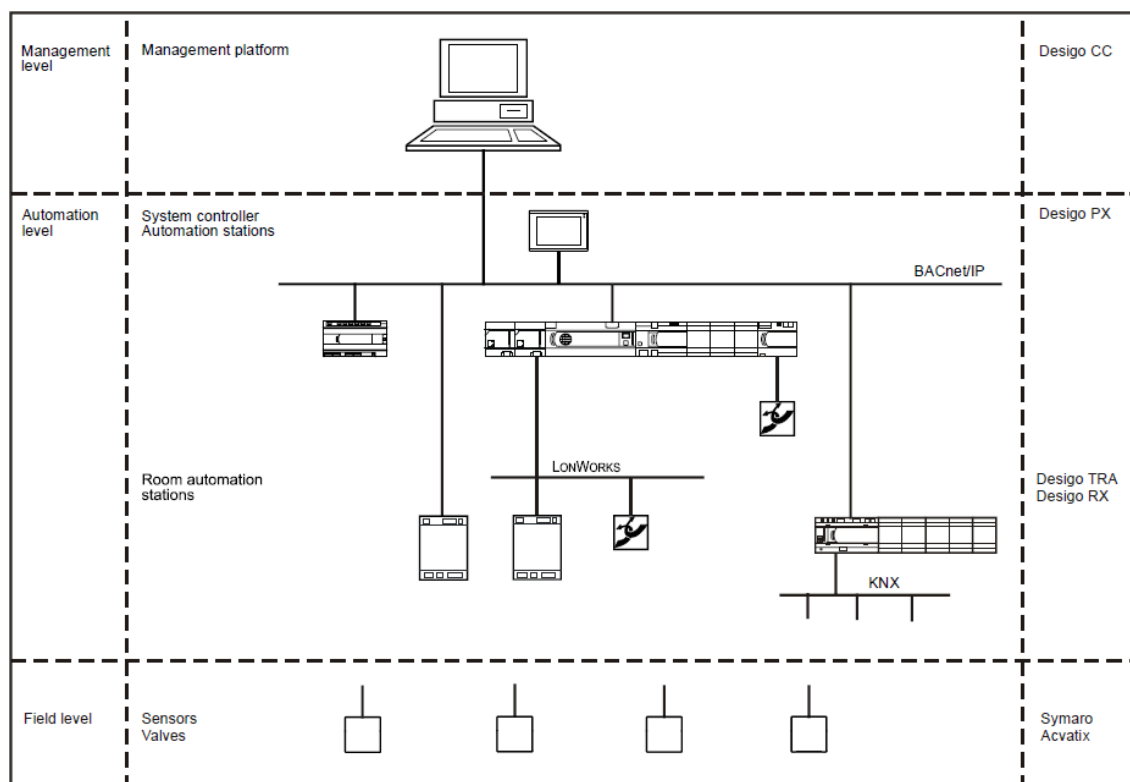
Kuva 3. Valaistuksen säätökaavio.

### 3 Siemens Desigo

Desigo-järjestelmä on Siemensin rakennusautomaatiota varten kehitetty tehokas ja avoin ohjausjärjestelmä. Se on modulaarinen ja hyvin skaalautuva järjestelmä, joten se sopii hyvin niin pieniin itsenäisiin rakennuksiin kuin suuriin rakennuskomplekseihin. Desigo-järjestelmään voidaan liittää perinteisten HVAC-järjestelmien (Heating, Ventilation and Air Condition) lisäksi myös valaistus-, sähkö-, tuli- ja turvajärjestelmät.

#### Hierarkia

Desigo-rakennusautomaatiojärjestelmä jakautuu kolmeen tasoon, joita ovat hallintataso, automaatiotaso ja kenttätaso. Kuvassa 3. on esitettyä Desigo-järjestelmän hierarkia.



Kuva 4. Desigo-järjestelmän hierarkia. [1.]

Hallintatasoon kuuluvat valvomosovellukset, kuten Desigo Insight ja Desigo CC, joka on uudempi versio Insightista. Valvomosovelluksista voidaan lukea järjestelmän voimassa olevia asetusarvoja ja parametriasetuksia sekä tarkastella ja kuitata hälytyksiä. Sieltä voidaan myös tarkastella järjestelmässä olevien automaatioasemien ja kenttälaitteiden

tilaa sekä antaa niille uusia parametreja. Valvomosovelluksissa voidaan myös muuttaa aikaohjelmia, tallentaa trendejä ja tarkastella niitä esimerkiksi vianhakutilanteessa. Desigo-järjestelmiin voidaan liittää myös muita järjestelmiä, kuten paloturva- ja turvallisuusjärjestelmiä. Valvomosovellukset voidaan toteuttaa paikallisesti tai pilvipalveluna, jolloin järjestelmän tilaa voidaan tarkastella tai säätää mistä vain. [1.]

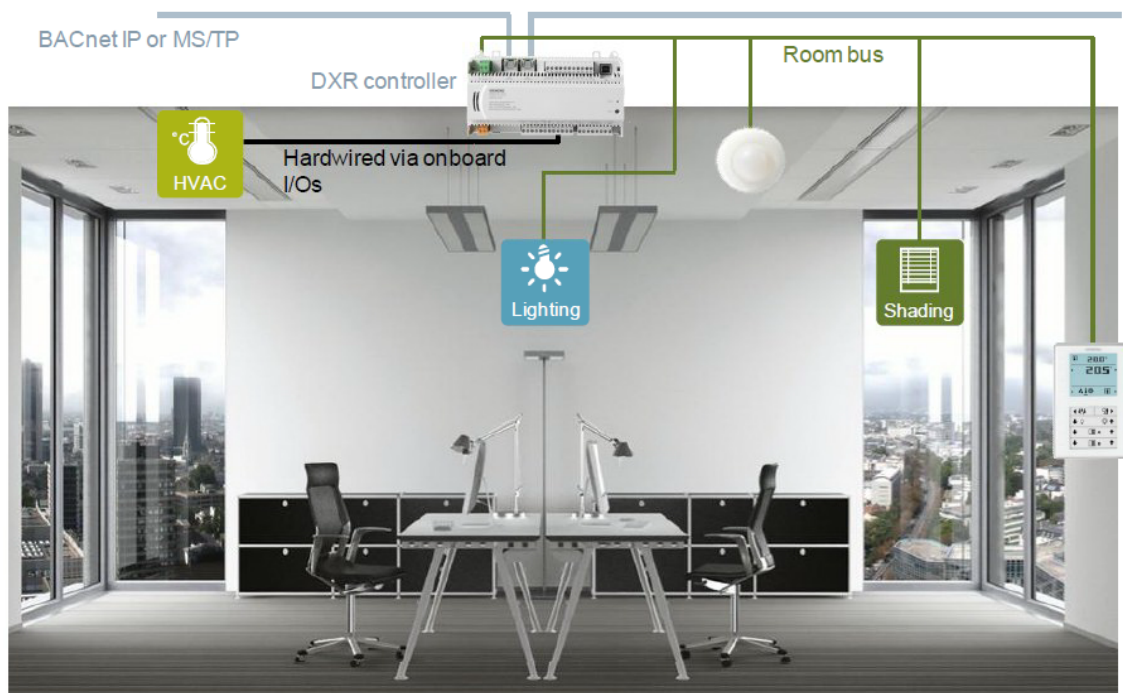
Automaatiotasolle kuuluvat ohjelmoitavat Desigo PX-automaatioasemat, I/O-kortteja ja Desigo TRA- ja RX-huoneautomaatiosäätimet. Automaatiotasolle kuuluvat myös käyttö-päätteet, joista voi muokata asetusarvoja ja aikaohjelmia tai seurata järjestelmän tilaa. [1.]

Hajautetut PX-automaatioasemat toimivat itsenäisesti, ja ne kommunikoivat keskenään BACnet-verkossa. Desigo PX-automaatioasemia on kahta sarjaa: kompakteja ja modulaarisia, joista kompakteissa on kiinteä I/O-pisteet ja modulaarisissa I/O-pisteet saadaan lisäämällä erillisiä I/O-moduuleita. Se täyttää kaikki nykyaikaiset vaatimukset rakennusten ohjaamiseen ja seurantaan liittyen. Kommunikaatio automaatiotasolla tapahtuu BACnet-protokollaa käyttäen. [1.]

Kenttätasolle kuuluvat kaikki anturit ja toimilaitteet, joita järjestelmään liitetään. Desigo-järjestelmään voidaan integroida kolmansien osapuolien laitteita. [1.]

## **4 Desigo TRA**

Desigo TRA (Total Room Automation) on suunniteltu huonekohtaista säätöä varten, kun tavoitellaan energiansäästöjä ja pienempiä käyttökustannuksia mukavuudesta tinkimättä. Se sopii myös hyvin kohteisiin, joissa on korkeammat vaatimukset mukavuuden ja joustavuuden suhteen tai vaaditaan yksityiskohtaisempia huoneolosuhteita. Modulaarisilla ja kompakteilla huoneautomaatiosäätimillä voidaan hallita niin valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa kuin ikkunakaihtimiakin. Ne on helppo liittää myös rakennuksen automaatiojärjestelmään BACnetin välityksellä. Desigo TRA:n huonekohtaisen säädön ansiosta voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä energiankulutuksessa sekä pienemmät elinkaarikustannukset. Tilojen uudelleenjärjestely on helpompaa ja edullisemmin toteutettavissa tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa. Kuvasta 5 nähdään, että TRA kattaa monia ellei kaikkia huoneautomaation ominaisuuksia. [2.]



Kuva 5. Designo TRA kattaa koko huoneen automaation. [3.]

Huoneautomaatioasemat ovat ohjelmoitavia ja niiden ohjelmointi perustuu valmiiden ohjelmakirjastojen käyttöön. Valmiista kirjastoista löytyy monenlaisia ratkaisuja ilmastointiin, valaistukseen, lämmitykseen ja muihin huonetoimintoihin. Mikäli on kohteessa kuitenkin tiettyjä erityistarpeita, voidaan valmiita ratkaisuja räätälöidä omien tarpeiden mukaan. Sovellusten toiminnallisuudet voidaan mukauttaa käyttäjän haluamalla tavalla, eikä toiminnallisuuksiin vaikuta, mitä kentälaitteita käytetään. [3.]

#### 4.1 Green Leaf

Tietyissä TRA-huoneyksiköissä on integroituna Green Leaf -ominaisuus, joka antaa tilan käyttäjille palautetta, käytetäänkö tilaa energiatehokkaasti. Mikäli lehden kuva yksikössä on punaisena, on huoneessa tällöin mahdollisia energiansäästökohteita. Tämä ilmenee esimerkiksi silloin kun huoneeseen tulee ikkunoista päivänvaloa, mutta valoja käytetään 100-prosenttisella säädöllä. Yhdellä painalluksella lehden kuvasta huoneautomaatiosäädin optimoi huoneen toiminnot energiatehokkaiksi ja lehti muuttuu vihreäksi. Tämän toiminnon ominaisuudet ovat konfiguroitavissa ja sen datapisteistä saadaan trendit valvomoon. [3.]

## 4.2 Desigo TRA:n hyödyt

Desigo TRA:lla voidaan toteuttaa koko huoneen automatiikka. Näin saadaan kustannussäästöjä, kun eri järjestelmiä on useiden sijasta vain yksi, joka hoitaa kaiken. Näin ollen ohjainlaitteita on vain yksi, kaapelointia vähemmän ja mahdollinen integrointi rakennusautomaatiojärjestelmään helpompaa. Tämän lisäksi erilaisia painikkeita ja muita ohjauslaitteita on lukuisien sijaan vain yksi, jolla voidaan ohjata koko huonetta. Desigo TRA tarjoaa asiakkaalle matalammat asennus- ja elinkaarikulut sekä korkeamman mukavuuden ja asiakaskokemuksen. [3.]

Desigo TRA:n asennuskustannukset voivat olla jopa 35 % pienemmät, kuin useilla järjestelmillä toteutettuna. Säästöt koostuvat materiaalikustannuksista ja tarvittavan työvoiman vähenemisestä. Tuloksena on vähemmän asennettavaa, vähemmän kaapelointia sekä vähemmän integroitavaa ja tavarantoimittajia. [3.]

Desigo TRA pienentää rakennuksen hiilijalanjälkeä. Sillä voidaan saavuttaa jopa 60 % energiansäästöjä valaistuksessa ja 20 % energiansäästöjä lämmityksessä ja viilennyksessä. TRA tarjoaa joustavan huoneautomaatiokonseptin, jonka ansiosta tilojen käyttötarkoitusten ja sijoittelun muuttuessa ei tarvita fyysisiä asennuksia, vaan pelkkä ohjelmointi riittää. Tämä luo turvaa investoinnille. [3.]

## 5 Työssä käytetyt väyläratkaisut

### 5.1 KNX

#### 5.1.1 Yleistä

KNX on kansainvälinen standardoitu hajautettu väyläpohjainen järjestelmä rakennusten automaatio-ohjaukseen. KNX:ää ylläpitää KNX Association, jonka jäsenenä on yli 400 yritystä. Kaikki tuotteet ovat yhteensopivia keskenään, mikäli tuotteen valmistaja on sertifioitu. KNX:llä voidaan ohjata niin lämmitystä, valaistusta, ilmastointia ja turvatekniikkaa sekä seurata kiinteistön energiankulutusta. [4.]

KNX:llä voidaan tehdä myös kodin tarvitsemien hälytysjärjestelmien toteutus. Siihen voidaan liittää palovaroitinjärjestelmä, valvontakamerat, liiketunnistimet tai vaikka vesivuotovahti. Järjestelmästä voidaan myös tarvittaessa reitittää kaikki hälytykset suoraan matkapuhelimeen. KNX-järjestelmää voidaan ohjata sekä paikallisesti painikkeilla tai käyttöpääätteillä, kuin myös etänä verkon välityksellä puhelimella. KNX-järjestelmä vaatii ohjelmoinnin, joka tehdään ETS-ohjelmistolla. [4.]

#### 5.1.2 Topologia ja rajoitteet

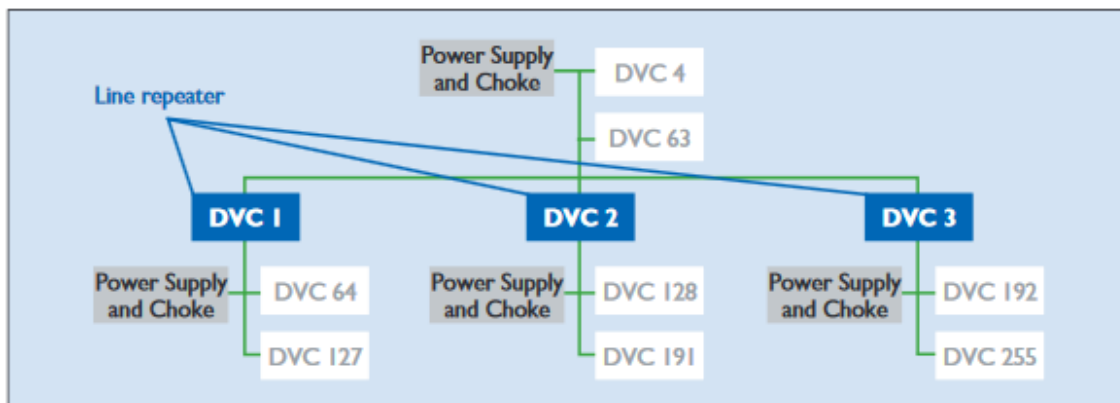
KNX-järjestelmä on joustava, sen väylässä olevat laitteet voidaan kytkeä niin linja-, puu- kuin tähtikytkentää hyväksi käyttäen, ainoastaan rengasrakennetta ei voida käyttää. Yhteen KNX-järjestelmään voidaan liittää yli 50 000 väylälaitetta. KNX-järjestelmässä voidaan yhteen linjaan kytkeä 255 laitetta, mutta tällöin tarvitsee käyttää linjatoistimia. Linjaan kytketyt laitteet saavat tehonsyötön 30 voltin virtalähteestä. [4.]

#### 5.1.3 KNX-kommunikaatio

KNX-järjestelmä voi käyttää laitteiden väliseen kommunikaatioon kierrettyä parikaapelia (KNX TP), radiotaajuutta (KNX RF), 230 V:n järjestelmää (KNX PL) tai IP-protokollaa (KNX IP). Myös kaikkia näitä teknologioita voidaan käyttää samassa kohteessa, mikäli niin halutaan. Erityyppisiä KNX-verkkoja yhdistäessä tarvitaan kuitenkin mediareitittimet. KNX-väylän tiedonsiirtonopeus 9,6 kbit/s. KNX-viesti on 8–23 tavua pitkä. Viestin pituus riippuu sen tarkoituksesta. [4.]

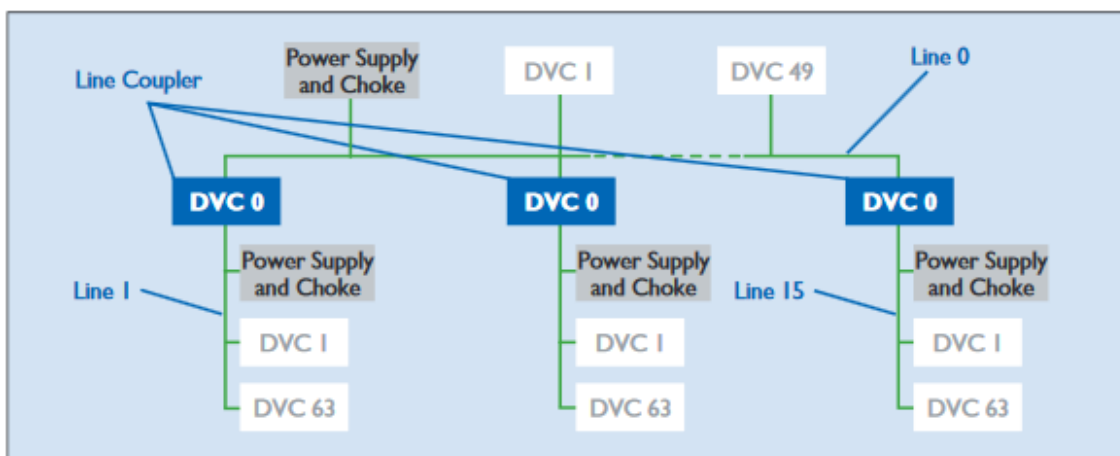
##### 5.1.3.1 KNX TP

KNX TP:n (Twisted Pair) yleisin asennustapa on linjakytkentä, johon kuuluu KNX-tehonlähde ja korkeintaan 64 muuta laitetta. Mikäli tarve on suuremmalle määrälle laitteita, tarvitaan linjatoistin, joka lasketaan yhdeksi laitteeksi. Linjatoistimen perään tarvitaan aina myös uusi tehonlähde. Yhdessä väylässä voi olla korkeintaan kolme toistinta rinnakkain, mikä tarkoittaa, että laitteiden maksimi määrä väylässä on 255. Kuvassa 6 esitettynä väylän rakenne kun väylää laajennetaan väylätoistimilla. [4.]



Kuva 6. Väylän rakenne väylätoistimia käyttäen. [4.]

Toinen vaihtoehto väylän laajentamiseen on linjareitittimien käyttö, jolla luodaan uusi väylä. Tämä tekee järjestelmästä hallitumman ja vähentää väylässä liikkuvien viestien määrää. Linjareititin ei lähetä väylään sellaisia viestejä, joita siihen ei ole tarkoitettu, toisin kuin linjatoistin toistaa kaikki viestit, joita se saa. Väylätoistimet lasketaan päälinjassa yhdeksi väylälaitteeksi. Linjareitittimien avulla voidaan lisätä 15 linjaa pääväylään ja jokaiseen näistä väylistä voidaan lisätä 64 laitetta. Kuvassa 7 on esitettyä KNX-väylän laajentaminen väylätoistimilla. [4.]



Kuva 7. KNX-väylän rakenne väylätoistimia käyttäen. [4.]

Linjassa suurin etäisyys tehonlähteen ja laitteen välillä on 350 m. Kahden eri laitteen välinen etäisyys väylässä voi olla maksimissaan 700 m. Yhden segmentin maksimipituus on 1 000 m. [4.]

Jokaisella laitteella KNX-väylässä on uniikki, yksiselitteinen fyysinen osoite. Osoite koostuu kolmesta osasta, joista ensimmäinen numero kertoo alueen numeron, toinen numero kertoo linjan numeron ja kolmas kertoo laitteen position. Fyysisiä osoitteita tarvitaan laitteiden tunnistamiseen väylässä ja niiden ohjelmointiin. Fyysisiä osoitteita määriteltäessä tulee ottaa huomioon, että reitittimien osoitteen tulee aina päättyä numeroon 0, kuten 1.1.0. Esimerkki fyysisestä osoitteesta: 3.2.20, joka tarkoittaa kolmannen alueen toisen linjan 20:tta laitetta. [4.]

#### 5.1.3.2 KNX PL

KNX PL:n (Powerline) topologia on hyvin samankaltainen kuin KNX TP:n. Yleinen asennustapa on linjakytkentä ja yhteen linjaan mahtuu korkeintaan 255 laitetta. Alue luodaan reitittimen avulla, mutta alueiden suurin lukumäärä on kahdeksan. Fyysiset osoitteet ovat samankaltaisia KNX TP:n kanssa. Tämä tiedonsiirtotapa ei ole kuitenkaan Suomessa käytössä, eikä suomalaisissa sähkötarvikeliikkeissä myydä komponentteja, jotka käyttäisivät KNX PL:ää. [4.]

#### 5.1.3.3 KNX RF

KNX RF -väylien (Radio Frequency) asennusten ei tarvitse olla järjestettynä hierarkkisesti, mutta niiden täytyy olla toistensa vaikutusalueella. Tällöin jokainen anturi voi kommunikoida jokaisen toimilaitteen kanssa. Asennuksissa täytyy kuitenkin huomioida, että lähekkäin olevat KNX RF-asennukset eivät häiritse toisiaan. KNX-radiolähettimen lähettämät viestit sisältävät aina vastaanottavan laitteen sarjanumeron tai domain-osoitteen. Vain sellaiset vastaanottimet, jotka ovat paritettuja lähettimen kanssa, voivat käsitellä lähettimen lähettämiä viestejä. Fyysiset osoitteet rakentuvat samalla tavalla kuin KNX TP:ssä. [4.]

#### 5.1.3.4 KNX IP

KNX IP:tä (Internet Protocol) käytettäessä tarvitaan tähän tarkoitukseen tehtyjä reitittimiä. Reitittimet välittävät eteenpäin KNX-väylän viestejä. Nämä reitittimet voivat myös suodattaa väylässä kulkevia viestejä, jolloin kommunikointi on kevyempää. Reitittimien



avulla voidaan myös ohjelmoida toisessa väylässä sijaitsevia laitteita. Kaapeloinnin ei tulisi ylittää 100 metriä. [4.]

## 5.2 DALI

DALI on digitaalinen, osoitteellinen valaistuksen ohjaamiseen kehitetty järjestelmä. DALI tulee sanoista "Digital Addressable Lighting Interface". Se on kansainvälinen standardi ja sitä on ollut kehittämässä useat yritykset. Se on suunniteltu korvaamaan perinteiset 1–10 V:n valaistusjärjestelmät. DALI perustuu IEC 60929- ja IEC 62386-standardeihin, jotka ovat kansainvälisiä digitaalisten liitäntälaitteiden standardeja. [5.]

DALI voi toimia pienenä ja kevyenä itsenäisenä järjestelmänä tai johonkin muuhun järjestelmään yhdistettynä. Sen avulla voidaan toteuttaa energiatehokkaita valaistusratkaisuja, pidentää rakennuksen elinkaarta ja parantaa huollettavuutta sekä muunnella rakennuksen valaistusta ainoastaan ohjelmoimalla. Kustannus- ja energiasäästöjä voidaan hakea erilaisilla tilanneohjauksilla ja valonsäädöillä. [6.]

DALI -väylän etuja:

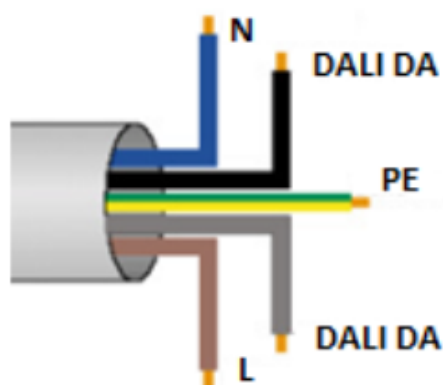
- yksinkertainen kaapelointi (väylää ei tarvitse päättää ja se on polariteettivapaa)
- mahdollisuus yksittäisten yksiköiden tai ryhmien ohjaamiseen
- kaikkien yksiköiden ohjaaminen yhtä aikaa on mahdollista koska vain käyttämällä broadcast-käskyä
- kaksisuuntainen kommunikointi
- ohjauslaitteiden automaattinen etsintä
- ohjauslaitteiden tilatiedot
- häivytyks eli himmennysnopeuden säätö
- vaihtoehtoja hätävalaistuksia varten
- hyvä häiriönsietoisuus
- ohjelmoimalla voidaan muokata valaistuksen toimintaa, ilman kytkentöjen muuttamista
- halvempi toteuttaa ja enemmän toiminnollisuuksia, kuin perinteisessä 1–10 V:n järjestelmässä.

Huonoina puolina voidaan pitää lepokulutusta ja 64 laitteen kokorajoitusta, ellei käytetä reititintä. Lisäksi mahdollisen laitteen vikaantuessa täytyy yleensä ohjelmoida laite uudestaan. [5.]

### 5.2.1 Topologia ja rajoitteet

DALI-väylän topologia on täysin vapaa, ja samassa väylässä voidaan käyttää niin sarjakuin tähtikytkentääkin, mutta rengasverkkoa ei suositella käytettäväksi. Väylän pituuden ei kuitenkaan tule ylittää 300 metriä jännitteenalenneman vuoksi. Käytettävän johtimen minimihalkaisija riippuu väylän pituudesta, jolloin korkeintaan 100 metrin väylässä minimihalkaisija on 0,5 mm<sup>2</sup>, 100–150 metrin 0,75 mm<sup>2</sup> ja yli 150 metrin väylässä tulee halkaisijan olla yli 1,5 mm<sup>2</sup>. Väylää suunnitellessa tulee ottaa myös huomioon siihen liitettävien laitteiden tehonkulutus. Väylässä olevien laitteiden yhteenlaskettu virran kulutus ei saa ylittää 250 mA. Väylässä ei saa olla useampaa virtalähdettä samaan aikaan. Joissakin laitteissa on sisäänrakennettu virtalähde. [5.]

DALI-väylän kaapeloinnin ei tarvitse olla kierrettyä parikaapelia. Siihen ei myöskään tarvita päätevastusta. DALI-liitäntälaitteet tarvitsevat erillisen tehonsyötön sekä varsinaisen väyläohjauksen. Valaistuksen kaapelointi onkin helppo toteuttaa esimerkiksi MMJ 5x1,5S -kaapelilla, jolloin samalla kaapelilla voidaan viedä liitäntälaitteelle niin sähkönsyöttö kuin väyläohjauskin, tämä on esitetty kuvassa 8. Huomioitavaa on, että käytettävien johtimien tulee kestää verkkojännitettä. Väylän johdotus on polarisaatiovapaa. [7.]



Kuva 8. DALI-väylän kaapeloinnissa voidaan käyttää MMJ 5X1,5S:ää, jolloin ohjaus ja tehonsyöttö voidaan tuoda samalla kaapelilla. [7.]

Yhteen DALI-väylään voidaan liittää korkeintaan 64 laitetta ja yhteen väylään voidaan luoda 16 ryhmää tai tilannetta. DALI-väylässä jokaisella väylään liitetyllä laitteella on oma osoitteensa ja niitä voidaan tarvittaessa ohjata yksitellenkin. Useampia DALI-väyliä voidaan liittää toisiinsa käyttämällä DALI-reitittimiä. DALI-reitittimillä voidaan yhdistää jopa 16 väylää toisiinsa. Kaikissa näissä väylissä voi olla enintään 64 liitäntälaitetta. DALI-liitäntälaitteet tulee kytkeä rinnakkain. [7.]

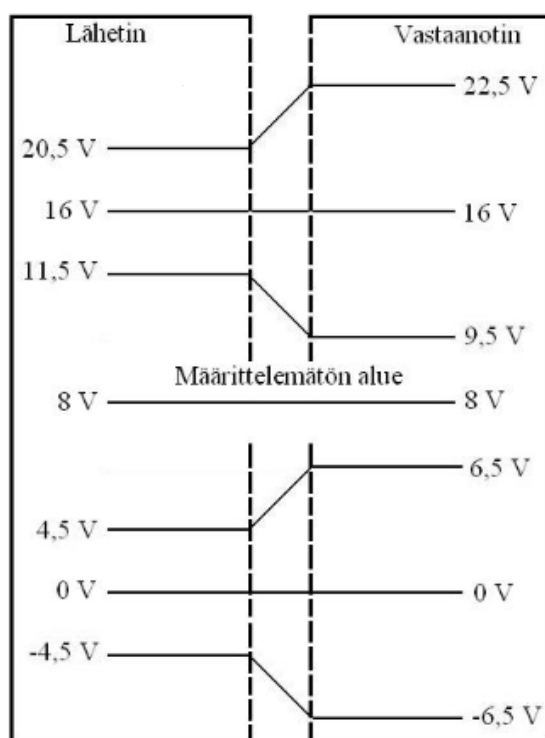
### 5.2.2 DALI-liitäntälaitteet

DALI-liitäntälaitteissa on muistipaikkoja, joihin voidaan tallentaa kyseisen laitteen pitkä- ja lyhytosoite sekä tiedot valaistusryhmistä, joihin liitäntälaitte kuuluu. Lisäksi laitteeseen voidaan tallentaa säätöaika, valaistuksen minimi- ja maksimitasot ja toiminnot hätätilassa kuten sähkökatkon aikana. Jokaiseen liitäntälaitteeseen pystyy tallentamaan myös 16 eri valaistustilannetta. Myös viimeisimpänä käytössä ollut valaistustaso säilyy laitteen muistissa sen sammussa. Muistiominaisuuden ansiosta DALI-väylä ei tarvitse erillistä ohjausyksikköä toimiakseen. [6.]

### 5.2.3 DALI-väylän osoitteistaminen ja dataliikenne

DALI-liitäntälaitteilla on 24-bittinen laiteosoite, jolla liitäntälaitteet yksilöidään. Ohjauksessa käytetään kuitenkin lyhyempiä 6-bittisiä osoitteita. Ohjausosoitteen lyhyiden takia DALI-väylässä ei voi olla yli 64 laitetta, sillä kuudella bitillä saadaan vain osoitteet 0-63. [6.]

DALI-väylä käyttää kaksisuuntaista kommunikointia, jolloin ohjauksien lisäksi väylässä kulkee tieto yksiköiden tilasta tai esimerkiksi huollon tarpeesta. DALI-väylä on häiriövaapa johtuen digitaalisen kommunikoinnin 0 ja 1 bitin välisestä korkeasta jännite-erosta. Lähettimen 0-bitin jännitetaso on  $0\text{ V} \pm 4,5\text{ V}$  ja 1-bitin jännitetaso on  $16\text{ V} \pm 4,5\text{ V}$ . Vastaanottimella 0-bittiä vastaava jännite on  $0\text{ V} \pm 6,5\text{ V}$  ja 1-bittiä vastaava jännite on  $16\text{ V} \pm 6,5\text{ V}$ . Väliin jäävällä alueella viestiä ei luokitella 0- tai 1-bitiksi. Kuvassa 9 on esitetty graafisesti DALI-väylän jännitetasot. [6.]



Kuva 9. DALI-väylän jännitetasot 0- ja 1-bitillä. [6.]

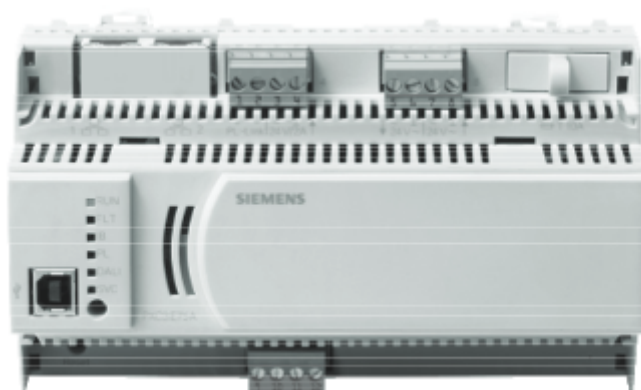
DALI-väylän tiedonsiirtonopeus on verrattain alhainen eli 1,2 kbit/s. Tämä yhdistettynä alhaiseen jännitetasoon saa aikaan hyvin sähkömagneettisia häiriöitä kestävänsignaalin. DALI-väylässä tiedonsiirrossa käytetään manchester-koodausta. [6.]

## 6 Työssä käytetyt laitteet

### 6.1 PXC3.E72A-100A

PXC3-sarjan laitteet ovat Siemensin valmistamia modulaarisia, ohjelmoitavia huoneautomaatiosäätimiä. Ne on tarkoitettu rakennuksiin, joissa on hienostuneemmat vaatimukset käytettävyyteen ja joustavuuteen. Se on erittäin hyvä ratkaisu kun haetaan energia- tehokkuutta, mutta ei haluta tinkiä mukavuudesta. [8.]

PX3-huonesäätimillä voidaan ohjata useampia huoneita ja niihin voidaan liittää erillisiä I/O-moduuleita, joilla voidaan saada jopa 200 fyysistä I/O-pistettä. yhdellä säätimellä voidaan ohjata jopa 8 huonetta tai 16 segmenttiä. PXC3-laitteilla voidaan ohjata lämmitystä, ilmastointia, valaistusta ja kaihtimia. Näissä säätimissä on myös ethernet-kytkin, jonka avulla niitä voidaan ketjuttaa jopa 20 peräkkäin ja näin säästää kaapelointikuluissa. PXC3-säätimet kommunikoivat toisillensa BACnet/IP-protokollan välityksellä. Kuvassa 10 on PXC3-huonesäädin. [8.]



Kuva 10. Siemensin valmistama PXC3.E72-100A-huoneautomaatiosäädin. [8.]

Tässä ratkaisussa käytettiin PXC3.E72A-100A -säädintä, jolla voidaan ohjata DALI-väylää käyttäviä laitteita. Siitä löytyy mahdollisuus KNX-ratkaisuille. Siihen voidaan ohjelmoida 140 I/O-datapistettä ja liittää maksimissaan 64 DALI-osoitteellista laitetta. Huonesäädin toimii samalla myös virtalähteenä DALI-väylälle, eikä erillistä virtalähdettä saa kytkeä samaan väylään. Se syöttää DALI-väylään 128 mA:n virran. [8.]

PXC3-säätimet tukevat myös Siemensin kehittämää KNX PL-Link -ratkaisua, jolloin kyseiseen väylään liitetyt laitteet tunnistetaan, näin ollen vikaantuneiden laitteidenkin vaihto on helppoa. Erillistä KNX-ohjelmointisovellusta ei tarvita käyttöönottoon tai ohjelmointiin. Väylän laitteet konfiguroidaan Desigo Tools -ohjelmalla. KNX PL-Link noudattaa täysin KNX-standardia. [9.]

## 6.2 DALI repeater S0

Osramin valmistama DALI Repeater S0 on DALI-väylään sopiva väylätoistin. Se mahdollistaa sellaisten DALI-järjestelmien rakentamisen, joissa on yli 64 laitetta yhdessä linjassa. Tämä DALI-linjatoistin näkyy ohjaavalle laitteelle yhtenä laitteena väylässä. Väylätoistin pystyy ohjaamaan 64 laitetta, mutta se antaa saman valoisuustason kaikille valaisimille, joita se ohjaa. Näin ollen toistiminen perässä olevien valaisimien valotasoa ei voi säätää yksitellen, eikä sen perään voi luoda erilaisia valoryhmiä. Toistimen kautta voidaan vaihtaa tilaa ja valoisuustasoa sekä tarkkailla valaisimien vika- ja häiriötiloja. Toistinta käyttämällä DALI-väylää voidaan jatkaa jopa 300 metriä. [10.]

Tämä DALI-toistin tukee kaikkia osoitteistus- ja käyttöönottopoja, joita DALI-standardissa on määritelty. Kuvassa 11 esitettynä Osramin DALI-toistin.

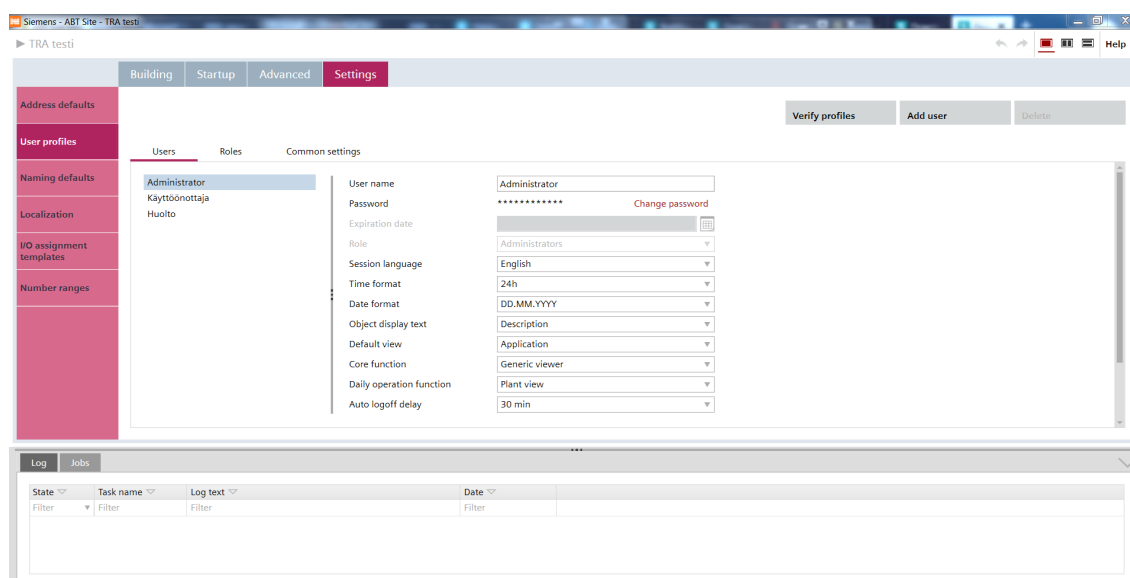


Kuva 11. Osramin valmistama DALI-väylätoistin. [10.]

## 7 Kohteen toteutus

### 7.1 Työn toteutus

Tässä kohteessa ei ennestään ollut TRA-projektia, joten se piti luoda alusta ABT Site-ohjelmalla (Automation Building Tool). TRA-projektin luominen alkaa luomalla käyttäjät ja määrittelemällä niille käyttöoikeudet, administraattorille annetaan kaikki oikeudet ja huoltohenkilöille vain heidän tarvitsemansa oikeudet. Lisäksi kaikille käyttäjille tulee määritellä salasanat. Nämä voidaan määritellä ABT Sitessä asetusten alla. Kuvassa 12 on näkymä käyttäjien luonnista TRA-projektiin.



Kuva 12. ABT Sitessä luodaan käyttäjät ja niiden oikeudet.

ABT Site -ohjelmassa Advanced-välilehdellä lisätään projekti. Mikäli kohde on laaja, on projekteja lisättävä useampia, koska datamäärät paisuisivat todella suuriksi ja tämä hidastaisi järjestelmää. Yhteen projektiin ei tulisi laittaa yli kymmentä automaattiosäädintä. ABT Site -ohjelmassa voidaan myös määritellä projektin hierarkia.

Kun käyttäjät ja salasanat on saatu määritettyä, siirrytään ABT Pro -ohjelmaan, jossa määritellään ensimmäisenä IP-asetukset. Verkon asetusten lisäksi tulee myös määritellä BACnet-asetukset, jotka määritellään samassa paikassa. Nämä asetukset määritellään kuvan 13 kaltaisessa näkymässä.

The screenshot shows the 'BACnet/IP Interface' configuration window. The 'General' tab is selected. The 'BACnet/IP' section is expanded, showing the following settings:

- IP settings:**
  - Host name: AS1
  - ☐ DHCP
  - ☒ Fixed IP
  - IP address: 192.168.200.2
  - Subnet mask: 255.255.255.0
  - Default gateway: 192.168.200.1
  - DNS server 1: 0.0.0.0
  - DNS server 2: 0.0.0.0
  - Domain:
- Local broadcast:**
  - Enable local broadcast comm.: ☐
  - Local broadcast UDP port [hex]: BAC0
- BACnet settings:**
  - Device name: AS\_1
  - Device instance number: 2002
  - Serial number: ~
  - UDP port [Hex]: BAC0
  - APDU retries: 3
  - APDU timeout [mm:ss.ms]: 00:03:000
  - Max APDU length: 1476: BACnet/IP
  - Time zone: GMT+02:00 Athens, Istanbul
- SSL Settings:**
  - Allow HTTP connection: ☐ (Insecure HTTP communication!)

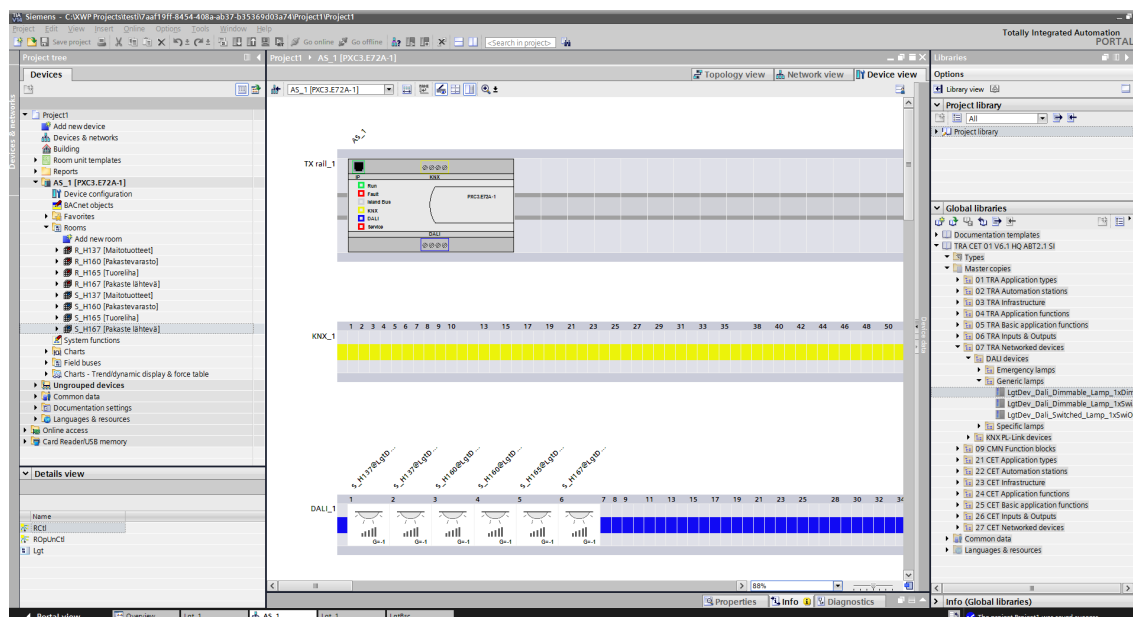
At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Kuva 13. Kuvakaappaus IP- ja BACnet-asetusten määrittämisestä.

IP-asetusten jälkeen valitaan halutut sovellukset ja konfiguroidaan ne. ABT Site-ohjelmalla voidaan määrittellä, mitä ominaisuuksia sovelluksessa on käytössä. Ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi läsnäolo- ja valoisuusanturit.

Device configuration-näkymässä raahataan väylään tulevat laitteet oikeille kiskoille. Täältä näkee projektiin liitetyt laitteet, sekä huonesäätimen tarjoamat väylämahdollisuudet. Tässä projektissa käytössä olevassa säätimessä on mahdollisuus ohjata KNX- ja DALI-väylää ja käytössä on DALI-väylä. Kuvassa 14 näkyy sinisellä DALI-kiskolla kuusi valaisinelementtiä. Nämä elementit osoitteistetaan kohteessa käytettyihin väylätoistimiin.

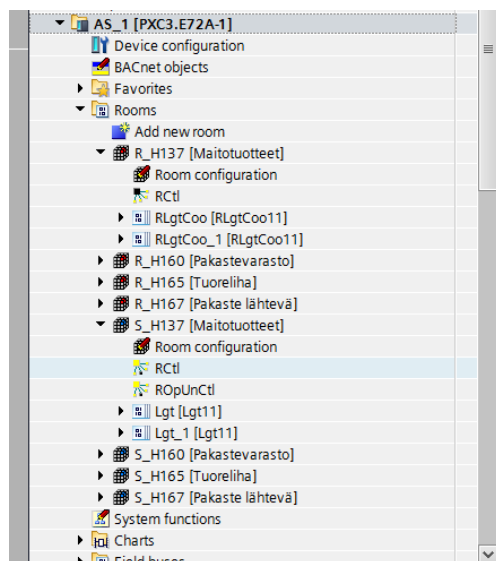




Kuva 14. Kuvakaappaus TRA-sovelluksen laitekonfiguraatiosta.

Oikealta puolelta voidaan kirjastoista raahata haluttuja sovelluksia vasemmalle puolelle Rooms-kansion päälle. ABT Siten puolelta voidaan tämän jälkeen ruksia sovelluksesta haluttuja ominaisuuksia käyttöön. Näitä voivat olla esimerkiksi läsnäolon tunnistus ja valoisuusmittaus. Tässä kohteessa valittiin kuitenkin vain LgtBsc-ominaisuus. LgtBsc luo sovellukseen analogisen reaaliarvo-objektin, joka mahdollistaa ohjauksen kolmannen osapuolen laitteista BACnetin yli. Jokaisella valotoimintoryhmällä tulee olla oma sovelluksensa.

Kuvassa 15 on esitettyä TRA Pro -sovelluksen valikon näkymää. Room-tilat ovat huone-elementtejä. Room-tasolla määritellään sovelluksen ohjaukset ja mittaukset. Tässä kohteessa raahataan kirjastoista RLgtCoo-elementti. Segment-tasolle tuodaan sovelluksen kentällä olevat laitteet. Tässä tapauksessa Segment-tasolle raahataan himmennettävä DALI-valaisinelementti, joka ohjaa DALI-linjatoistimia.



Kuva 15. Kuvakaappaus huone- ja segmenttitasoista, joille elementit raahataan.

### 7.1.1 PXC100.D-automaatiosäätimen ohjelmointi

Huonesäätimen läheisyydessä olevaan VAK:een tehtiin ohjelma keskuksessa olevaan PXC100.D-automaatioyksikköön, johon valvomosta ohjattava valoisuustason säätö prosentteina tulee. Automaatioyksiköstä jatketaan käyttäjän ohjaama valoisuustaso PXC3.E72A-100A huonesäätimeen, joka jatkaa säätöviestin DALI-toistimille.



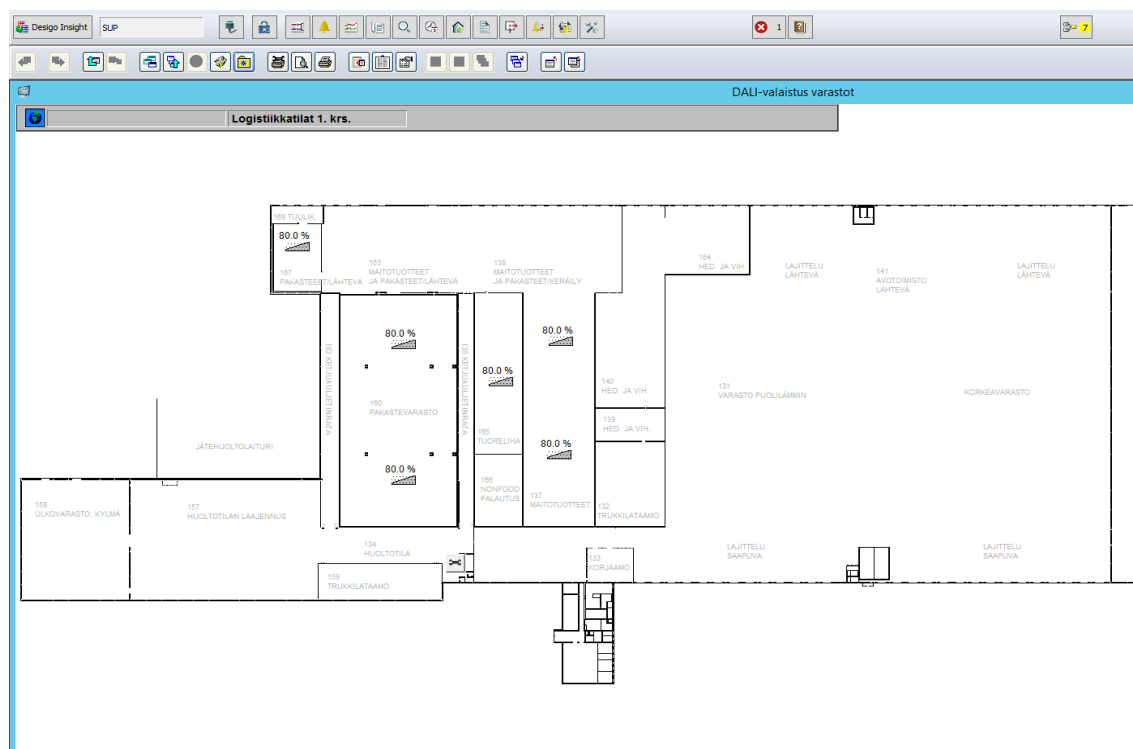
Kuva 16. Kuvakaappaus CFC-ohjelmasta.

Kuvassa 16 olevat AVAL\_OP-lohkot liitetään rakennusautomaatiovalvomoon, josta käyttäjä voi antaa niille arvon nollan ja sadan prosentin väliltä. Tämä arvo välitetään AO-lohkon IOAddr-nastan kautta huonesäätimelle BACnet-siirtopisteenä. Tämä on toteutettava AVAL\_OP-lohkolla, koska AO-lohkossa olevaan ValPgm-nastaan ei käyttäjä voi suoraan kirjoittaa arvoa. AO-lohkoon lisätään ala- ja yläraja-arvoiksi 0 ja 100%, jotta käyttäjät eivät voi säätää näiden arvojen yli tai ali. Tämän lisäksi siihen määritellään myös yksiköksi prosentit.

#### 7.1.2 Valvomon toteutus

Käyttäjän antama asetusarvo kirjoitetaan VAK:ssa olevan automaattiosäätimen rekistereihin, joista se siirtyy BACnet-siirtopisteenä rakennuksen BACnet-verkon yli huoneautomaattiosäätimeen. PXC3-säätimestä ei tule varsinaista takaisinkytkentää valaistuksen tilasta, vaan tieto tulee säätimessä olevasta ohjauslohkosta. Tästä näkee, että säädin ohjaa valaistusta, eikä siinä ole yhteyshäiriöitä.

Kohteen valvomoon tuli DALI-valaistukselle grafiikkakuva, jossa taustana oli rakennuksen pohjakuva. Siihen sijoitettiin säätöpalkki joka kertoo prosentteina, kuinka suuri valoisuustaso valaisimilla on. Säätöpalkin yläpuolella on asetusarvokenttä, johon käyttäjä voi laittaa haluamansa asetusarvon prosentteina. Näitä tehtiin yhteensä kuusi kappaletta eli jokaiselle valaisinryhmälle oma. Kuvassa 17 säätöpalkin päällä on vielä mustia pisteitä, koska huonesäädin ei ollut vielä yhteydessä kuvanottohetkellä.

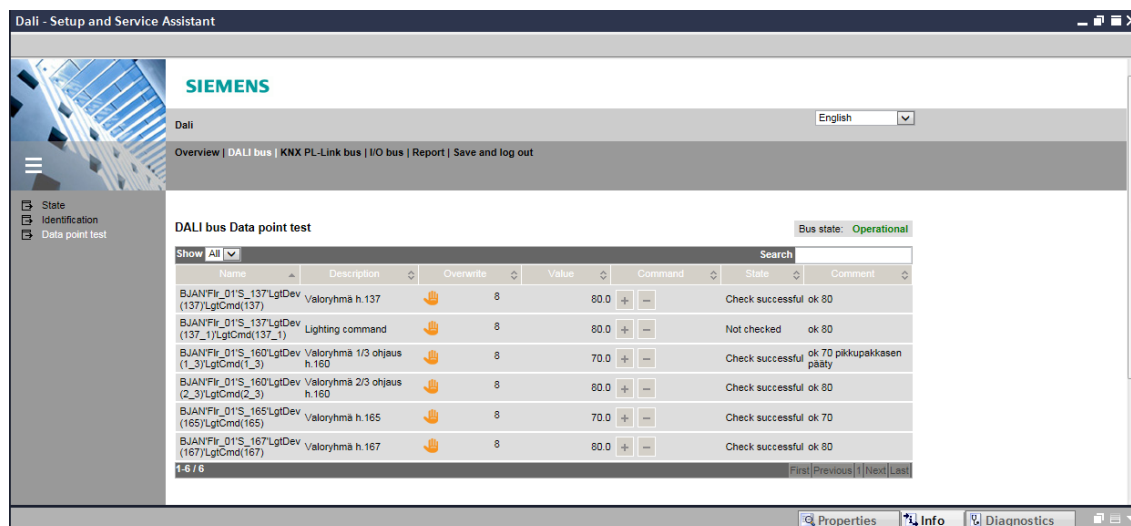


Kuva 17. Kuvakaappaus valvomografiikoista.

## 7.2 Kohteen käyttöönotto

Kohteen käyttöönotossa tarkastettiin väylä ja asetettiin oikea valaistustaso, joka on 200 luksia. Kohteessa oli jätetty vielä DALI-väylä kytkemättä PXC3-säätimeen. Väylä kytkettiin samalla, kun sovellus otettiin käyttöön ja viimeinenkin väylätoistin oli saatu asennettua. Kun väylä ei saa säätöviestiä valaisimet jäävät 100 %:n valoisuustasolle, tämä on ominaisuus DALI:ssa.

Ensimmäisenä kohteessa otettiin yhteys PXC3-säätimeen, ladattiin sinne ohjelma ja osoitettiin väylän laitteet oikeille paikoille. Laitteiden osoitteistaminen täytyy tehdä aina erikseen, koska väylään kytketyt laitteet kyllä löytyvät, mutta niille on annettu oletusosoitteita. Tämä tapahtuu laittamalla valaistust ryhmä ensin vilkkumaan ja sen jälkeen paikallistetaan vilkkuva valoryhmä kiinteistöstä. Kun valoryhmä on paikallistettu, raahataan osoite vastaavan valoryhmän kohdalle. Tämä täytyy tehdä jokaiselle käytössä olevalle valoryhmälle.



Kuva 18. Käyttöönottovaiheessa valaistuksen asetusarvoa säädettiin ABT-ohjelmassa.

Valoisuustason asetus toteutettiin siten, että asentaja oli mittaamassa luksimittarilla valoisuustasoa ja minä olin säätämässä valaistuksen prosentuaalista arvoa huoneautomaatiosäätimen luona. Valaisimet säädettiin 70–80 % valoisuustasolle, joten säästöä saadaan lisää valoisuustason säädöllä vähintään 20 % verrattuna siihen, että valaisimia ei säädettäisi lainkaan. Tämä siis sen lisäksi, että valaisimet jo itsessään ovat energia- tehokkaampia edellisiin valaisimiin verrattuna. Toki valoisuustasoja voidaan myöhemmin säätää tarpeen mukaan valvomosta käsin. Kuvassa 18 näkyy käyttöönotossa määritellyt valotasot kullekin valaistusryhmälle.

Viimeisenä vielä ladattiin VAK:lla ohjelma automaatiosäätimeen. Tämä tarvitaan, jotta valoisuustasoa voidaan jatkossa säätää valvomosta käsin.

### 7.3 Haasteet ja ongelmat

Työn edetessä väylää testatessa huomattiin, että yksi väylä ei toiminutkaan. Selvittelyjen jälkeen huomattiin, että joissakin valaisimissa olikin useampia DALI-liitäntälaitteita sisässä ja nämä kaikki lasketaan DALI-laitteiksi. Tämän seurauksena väylässä olikin yli 64 laitetta, jolloin kyseisen väylän väylätoistin meni vikaan, eikä välittänyt DALI-viestejä. Työ oli alun perin suunniteltu tehtäväksi viidellä DALI-toistimella, mutta tämän ryhmän liitäntälaitteiden määrän ylittäessä 64 kappaletta jouduttiin jälkiasennuksena jakamaan osa valaisimista kuudenteen toistimeen.

Tässä työssä haasteena oli uusien tekniikoiden käyttö. En ole koskaan ennen tätä työtä ollut tekemisissä Desigo TRA:n tai työssä käytettyjen väylien kanssa, joten näiden aiheiden opiskelu oli tarpeen työn onnistumisen kannalta.

Lisäksi kohteen työn suoritus tuli melko nopeasti vastaan opinnäytetyön aiheen varmistuttua ja uusia asioita oli omaksuttava nopeasti.

## 8 Vaihtoehtoiset toteutustavat

Mikäli kohteeseen olisi kaivattu enemmän muunneltavuutta ja esimerkiksi erilaisia valaistustilanteita, olisi jokaista väylää ohjaamaan asennettu oma PXC3-huonesäädin. Kuitenkaan tässä kyseisessä kohteessa ei tällaisille toiminnoille ollut tarvetta ja toteutettu ratkaisu on edullisempi ja saavuttaa halutut ominaisuudet.

### 8.1 Valaistusryhmät eri väylissä

Yhtenä vaihtoehto olisi voitu luoda erilaisia valaistusryhmiä, joille olisi voitu antaa yksilöllinen säätöviesti tarpeen mukaan. Näin olisi tilassa voitu luoda, nyt hieman katveessa olevien alueiden valaisimille omat valaistusryhmät, joille voidaan asettaa suurempi valoisuustaso. Kun taas alueille, joilla tarvitaan vähemmän valoisuutta, voitaisiin antaa nykyistä pienempi valoisuustaso. Tällä hetkellä käytössä on jonkinlainen kompromissi, jossa tilassa on joka puolella valoa riittävästi.

### 8.2 Valaistuksen ohjaaminen valoisuusanturilla

Yksi melko tavallinen toteutus valoisuuden säätöön olisi valoisuusantureiden asentaminen tiloihin. Tämä olisi hyvä, mikäli tiloihin pääsisi auringonvaloa ja tilojen omaa valaistusta voitaisiin himmentää. Kuitenkaan näissä tiloissa ei ole ikkunoita, joista auringonvaloa tulisi auringonvaloa. Näin ollen ulkopuolista valoa ei tiloihin pääse ja tästä ratkaisusta ei olisi hyötyä.

### 8.3 Valaistuksen ohjaaminen liiketunnistimella

Liiketunnistimella toteutettua sovellusta käytettäessä olisi valot voineet sammuttaa kun tiloissa ei ole ketään. Kuitenkin näissä tiloissa tehdään töitä kolmessa vuorossa ja tiloissa on kulkua jatkuvasti. Korkeiden hyllyjen takia tiloihin olisi pitänyt asentaa useampi liiketunnistin hyllyköiden väliin.

#### 8.4 Valaistuksen ohjaaminen liiketunnistimella ja valoisuusanturilla

Vielä paremman käyttöönoton jälkeisen säästön ja energiatehokkuuden saavuttaa käyttämällä toteutuksessa sekä liiketunnistinta, että valoisuusanturia. Näin valoja voidaan pitää päällä vain tarvittaessa ja mahdollisimman himmeällä. Tähän lisättynä vielä valaistusryhmät, joilla voidaan säätää valaistusta vielä enemmän tarpeen mukaan, saavutettaisiin suuremmat säästöt.

### 9 Yhteenveto

Työn lähtökohtana oli modernisoida kohteen valaistus ja tehdä se kustannustehokkaasti. Tässä tavoitteessa onnistuttiin hyvin toteuttamalla edullinen, vaatimukset täyttävä ratkaisu asiakkaalle. Toki täytyy huomioida, että kaapelointikulut ja valaisimien vaihtaminen vievät suurimman osan saneerausbudjetista ja automaatiolle jää vain murto-osa kustannuksista.

Kun valaistus käyttöönotossa säädettiin haluttuun 200 luxin tasoon, saatiin laskettua jokaisen valaisimien valoisuustasoa 20–30 % valaisimien maksimivaloisuustasosta. Lisäksi jo pelkästään valaisintyyppin vaihtaminen loisteputkivalaisimesta LED-valaisimeksi tuo säästöjä käyttökustannuksissa, mutta LED-valaisimien valoisuustason säätö tuo säästöjä vielä enemmän. LED-valaisimissa on myös pidempi käyttöikä ja näin ollen kiinteistön valaisinhuollon kustannuksetkin laskevat. Vaikka LED-valaisimen hankintakustannukset ovat suuremmat, on niillä kuitenkin huomattavan pitkä käyttöikä verrattuna loisteputkivalaisimiin. Kiinteistössä vaihdettiin valaisimia lähes 350 kappaletta, joten pitkän aikavälin säästöt ovat merkittävät.

Erilaisia toteutustapoja käytettäessä olisi saatu karsittua enemmän elinkaarikustannuksia, mutta niiden toteuttaminen olisi ollut kalliimpaa. Asiakkaan tilat ja käyttötarkoituksen huomioiden olisivat monimutkaisemmat ratkaisut olleet tarpeettomia.



## Lähteet

- 1 Siemens AG. Building Automation System 6.1 Technical Principles. Luettu 9.1.2018.
- 2 Siemens AG. Desigo Room Automation – Product Range Description. Luettu 14.1.2018.
- 3 Siemens AG. Desigo Total Room Automation Sales Guide. Luettu 14.1.2018
- 4 KNX Association. KNX Basics. Verkkoaineisto. <[https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics\\_en.pdf](https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf)>. Luettu 11.12.2017.
- 5 DALI AG. DALI manual. Verkkoaineisto. <[http://www.dali-ag.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/news-service/brochures/DALI\\_Manual\\_engl.pdf](http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf)>. Luettu 29.11.2017.
- 6 Kallioharju Kari, DALI-koulutus, teoriaosio. 2014. Luentomateriaali. Tampereen Ammattikorkeakoulu. <[http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI\\_teorija\\_joulu2014.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI_teorija_joulu2014.pdf)>. Luettu 29.11.2017.
- 7 Piikkilä Veijo & Kallioharju Kari. KNX-DALI taustoja. Selvitys. Syyskuu 2016. <[http://knx.fi/doc/2016\\_lokakuu\\_julkaisut/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf](http://knx.fi/doc/2016_lokakuu_julkaisut/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf)>. Luettu 29.11.2017.
- 8 Siemens AG. PXC3 tekninen esite. Luettu 12.12.2017.
- 9 Siemens Switzerland Ltd. Communication in building automation. Verkkoaineisto. <<https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10209534>>. Luettu 3.1.2018.
- 10 Osram. DALI Repeater S0 tekninen esite. Luettu 12.12.2017.